第11卷 第4期 昆 虫 学 报 Vol. 11, No. 4
1962年12月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA December, 1962

关于棉鈴虫食性和营养的某些特点*

欽俊德 李丽英** 魏定义 王振东
(中国科学院动物研究所)

摘要 本工作选用棉花不同器官所含有的几种化学成分作为嗅觉和味覚刺激剂，测驗棉鈴虫对它們的反应；結果表明一至三龄的幼虫对甲醇三甲基胺、香草酸等的趋性不同，四龄幼虫对不同的糖类、氨基酸等的取食反应也各不一。这說明幼虫对食料植物中的个别化学成分有感觉辨識的能力。用不同品种的海島棉、陆地棉、以及棉花和其它錦葵科植物杂交所产生的后代的叶片来試驗棉鈴虫对它們的趋性和取食反应，結果表明当有选择的机会时幼虫对陆地棉和一定品种海島棉有較強的趋性，对某些杂交后代的趋性很弱。在不能选择的条件下棉鈴虫在一定时間內对不同种类或品种的棉叶的取食量也不相同，并对原来的食料植物可形成条件化。

曾对棉花不同器官的含水量、含氮物质和糖类进行了測定，同时分别用叶、蕾和鈴将新孵化的幼虫飼养到老熟。幼虫取食不同器官时的累积食量、发育速度、死亡率，和变成的蛹的重量均有明显的差别。当以大叶为食时幼虫的总食量超过以嫩叶为食时的一倍以上；以鈴为食时总食量可为以嫩叶为食时的数倍。这种差异可能是因鈴中水分和含糖量較高，对幼虫的取食发生強烈的助长作用所造成的。因此，同株植物上含糖和含水較多的器官对棉鈴虫似乎有較好的营养效应，而这种效应可能是通过糖类等的味覚刺激来增加取食量所造成。

一、引 言

棉鈴虫(*Heliothis armigera* (Hübner))是一种多食性害虫。据調查，它的食料植物在我国共有二百多种，隶属于錦葵科、茄科、豆科、葫芦科、菊科、禾本科等分类目科，其中包括棉花、苘麻、烟草、辣椒、番茄、茄、大豆、綠豆、南瓜、向日葵、小麦、玉米等重要經济作物(許明霞等,1958)。幼虫在这些植物上取食的部分有叶、茎、蕾、花和果实等。在人工飼养的条件下，幼虫有自相殘食的現象；有的个体有时可全靠食害同类而完成其生活史。凡此种种事实，均表明棉鈴虫对食物具有广泛的适应特点。但在另一方面，就其可取食的二十多科植物中，最喜食的为錦葵科、茄科和豆科；嗜食的部分也以蕾、花、果实等繁殖器官胜过叶、茎等营养器官。由此可見棉鈴虫对食物仍有一定的选择习性。

Лозина-Лозинскии (1954) 曾研究过营养条件对棉鈴虫发育和繁殖的影响，列举不同食物对不同世代幼虫生长速度的作用和成虫所需的食物条件。他的观察表明棉鈴虫在田間可取食植物的营养器官，也可取食繁殖器官。食料植物对幼虫生长发育和成虫生殖力所起的不同影响，是由于化学成分的不同；其中起主要作用的是蛋白质和碳水化合物的含量及二者之間的比例。他指出棉鈴虫的食料植物如棉花，其化学成分在物理、地理，和农业技术等因素的影响下，随着发育期而起着各种变化，由此影响棉鈴虫的发育和虫口数量。

本文于1962年4月28日收到。
* 本工作在进行中得到任慧英、田学文二同志的帮助，特此志謝。
** 現在通信地址：广州中南昆虫研究所。

在自然情况下,棉鈴虫常产卵于棉花的嫩叶或嫩蕾的苞叶上,一般在一叶上每次只产一卵,幼虫孵化后先以嫩叶为食,蛻皮一二次后便轉移到棉鈴中蛀食。棉鈴虫常轉移它的取食場所,表明它对食物有一定的选择能力。本工作的目的在于探索它的感覺辨識能力和营养特点,从而說明它选食的規律。

二、材料和方法

1. 棉鈴虫的来源和飼养方法

所用的棉鈴虫系从湖北荆州专区和北京近郊采得。新羽化的成虫用玻璃灯罩(体积約 2 升)雌雄配对飼养。灯罩放在用厚紙板蓋沒的广口瓶上,瓶中放水;将棉株通过紙板插入瓶中,使带花和叶的部分籠罩在灯罩里。灯罩的上口用紗布蒙住。灯罩里除有由棉株所供应的蜜源外,还放入沾有 10% 蜂蜜液的棉花团,保証成虫有充足的食料。产有卵粒的叶片等部分剪下后放在广口瓶或玻璃缸中;在夏季的室温条件下卵产后約經三天孵化。初孵化的幼虫趋光性強,瓶口或缸口宜用細布严密蒙住,以防幼虫逃逸。用黑紙罩沒容器上半截能阻止幼虫聚集瓶口。在三龄以前的幼虫可集体飼养,三龄以后宜分管飼养,以防自相殘食。初期幼虫可用嫩棉叶作飼料,四龄以后可用棉鈴或青番茄飼养。老熟幼虫須移入底上鋪有高約 6 厘米的潮潤壤土的容器中,使其鉆入土中化蛹。

2. 植物

飼养棉鈴虫的植物以陆地棉(*Gossypium hirsutum*)的嫩叶和棉鈴为主。有些試驗用的幼虫系用海島棉(*G. barbadense*)飼养。所用的海島棉有两个品种:一是原在云南栽培的 4923 号海島棉,一是从河南取得的跃进号海島棉;这两品种在形态上差异很小。供試驗用的棉花(陆地棉)各器官,根据生长程度命名如下:

(1) 叶

a. 幼叶 长 3—4 厘米;寬 4 厘米左右。

b. 嫩叶 长在 6 厘米以上,一般为 8—9 厘米,最长达 12 厘米。寬在 6 厘米以上,一般为 7 厘米左右,最寬为 12 厘米。

c. 大叶 长在 12.5 厘米以上,一般在 13—15 厘米之間;寬为 15—17 厘米。

(2) 蕾

a. 幼蕾 长 1 厘米左右;寬約 0.6 厘米。

b. 大蕾 长 2—2.5 厘米;寬約 1 厘米。

(3) 鈴

a. 幼鈴 长一般在 2 厘米左右,寬为 1.5 厘米左右。

b. 大鈴 长在 4.5 厘米以上,寬在 3.5 厘米以上。

試驗幼虫趋性和取食反应的植物,除了上述的陆地棉和两种海島棉外,还有另一种陆地棉和草芙蓉(*Hibiscus palustris*)杂交所产生的后代,及其它几种棉花和木芙蓉(*H. mutabilis*)、錦葵(*Malva sylvestris*)、蜀葵(*Althaea rosea*)等杂交所产生的后代[1)]。表 1 列出各植物的遺传系統和一般性状。

3. 測定和分析

(1) 幼虫食量 采用食物鮮重和干重对比的方法測定幼虫以不同的植物器官为食时

---

1) 这些材料由中国科学院遺传研究所供給,特此志謝。

表1 試驗用的植物

植物代号	种类或杂交系統和世代	一般性状
# 01	陆地棉	叶面皺，毛茸密度中等，叶裂深浅中等
# 02	陆地棉杂交母系	同上
# 03	海島棉跃进号	叶面无毛茸，色較深，叶裂較深
# 04	海島棉 4923 号	同上
# 05	陆地棉母系(#02)与草芙蓉父系杂交后代 F_2	叶圆形，色深，叶裂浅，叶面有毛茸
# 06	同上，另組植株	似#05
# 07	陆地棉母系(#02)与草芙蓉父系杂交后代 F_3	叶面綠色較浅，叶面平，毛茸中等，叶裂浅，裂数为三至五
# 08	同上，另組植株	似#07
# 09	陆地棉母系(#02)与草芙蓉父系杂交后代 F_4	色深，叶面毛較多，叶裂較深
# 10	陆地棉与海島棉杂交后代再与木芙蓉杂交后代 F_2	叶較厚，色深，叶面光滑
# 11	岱福棉与錦葵杂交后代 F_2	叶稍皺，色深，叶面无毛，叶裂較深
# 12	閡县深紫棉与錦葵杂交后代 F_2	叶色深，叶裂深
# 13	湖南白茾花与蜀葵杂交后代 F_3	叶綠深，叶裂五

的总食量。根据所供应食物的鮮重和含水量及食剩部分的干重，可推算出所食部分的干重，由此可折算成鮮重（欽俊德等，1957）。此法所引起的誤差，曾另用对照試驗进行检查；五次重复的結果表明平均誤差在大叶为 6.52%，嫩叶为 28.63%，蕾为 11.76%，鈴为 26.96%。

（2）植物成分 用来测定水分、糖类、氮等成分的棉株各部分的材料，是在进行棉鈴虫的飼养試驗时采集的。这是 1960 年在北京西郊所栽培的陆地棉，样本在 7 月和 9 月采集。样本采集后先在 70℃ 的眞空干燥箱中迅速烤干，然后磨碎貯存，以供分析。

采用凱氏测氮法测定含氮量。消化时的催化剂为二氧化硒、硫酸銅和硫酸鉀的混合物；蒸餾出来的氨用 2% 的硼酸吸收，用 1/28N 的盐酸滴定（Paech 等，1955）。测定非蛋白氮时用 10% 的鎢酸鈉溶液和 2/3N 的硫酸使提取液中的蛋白质沉淀。蛋白氮含量系由总氮量减去非蛋白氮含量而获得；蛋白氮含量乘 6.25 为蛋白质含量。

根据 Van der Plank 和 Somogyi 的方法测定还原糖和可溶性糖的含量（Somogyi, 1954 和 Van der Plank, 1936）用紙上色层分析法测定糖以及游离氨基酸的种类；测糖所用溶剂为 80% 酚溶液及丁醇、乙醇、丙酮与水的混合液（体积比例为 5:4:3:2），用苯胺磷酸溶

液显色。测定游离氨基酸所用的溶剂为 80% 的酚-柠檬酸緩冲剂溶液；用 0.25% 的水合茚三酮丁醇溶液及靛紅丙酮溶液显色。分析样本的制备方法見 Block 等 (1958)的工作。

(3) 幼虫的嗅觉和味觉　利用幼虫的趋性差异来测定它們对于植物或个别化学成分的嗅觉反应。在直径为 15 厘米、体积約为 442 立方厘米的玻璃培养皿中，沿皿边相間排列 6 个面积各为 2×5 厘米，沾有試驗溶液或蒸餾水的滤紙。所用的試驗溶液均为已知存在于棉株中的化学成分所組成，浓度自 0.006*M* 到 0.03*M* 不等，每一培养皿中只用一种試驗溶液和蒸餾水作对比。每次在培养皿中央引入 10 条发育期相同的幼虫，蓋好蓋后用黑色遮光布遮断外来光綫以避免明暗不匀所引起幼虫的趋光活动。在各滤紙附近所造成的水蒸气陡度对幼虫有誘致效应，沾有試驗溶液的滤紙能对幼虫产生除水蒸气以外的嗅觉刺激。隔 30 分鈡后检查聚集在各滤紙上的虫数。测定幼虫对不同叶片的趋性时沿皿边排列由 5 种不同叶片所做成的 5 个停歇站，所用叶片均系新从植物上采得的。为了保持叶片新鮮，在培养皿底上鋪一潮潤滤紙。其它和以上的試驗相同，但隔 1 小时检查各叶片上的虫数。多次重复試驗所得的結果进行統計学的分析以确定差异的显著性 (王綬，1958)。

利用幼虫在一定时間內对含有某种試驗物质的基质或不同叶片取食量的差异来判断其嗜食程度，从而确定其味觉反应。以幼虫在一定时間內的排粪量作为估計取食量的指标。含試驗物质的基质的配制方法是用琼脂和纤維素粉作为惰性載体，加入試驗物质，用水加热混和使試驗物质的浓度达到一定。例如配制含 0.2*M* 蔗糖的基质时用琼脂 1 克、纤維素粉末 1.5 克、蔗糖 3.423 克，先加水加热使琼脂和蔗糖溶解，然后加热水使总重为 50 克，迅速冷却使基质凝結。試驗时先将幼虫絕食 60 分鈡左右使粪便大部分排出，然后单独放入一个小型培养皿里，并放入切成立方形的基质数块，在室温 26℃ 左右經 24 小时后取出幼虫，数取皿中粪粒数目。用不含試驗物质的基质做同样的测定作为对比。以同样方法进行对不同叶片的試驗。多次重复試驗所得結果进行統計学的分析 (王綬，1958)。

三、結　果

1. 幼虫选食时的感覚辨識作用

(1) 对于食料植物中不同成分的辨識

棉株中能对昆虫产生嗅觉和味觉刺激的物质很多：根据 Power 和 Chesnut (1925) 的分析，从棉株蒸餾出的揮发性物质含有 12 种成分，其中較多的为甲醇、三甲基胺和氨。含量較小的有戊醇、乙醛、香草醛、某种倍半萜、己酸等；己酸一部分与上述醇类結合成酯。此外还有甲酸和乙酸等。田間試驗的結果表明三甲基胺对棉象鼻虫有誘致效应。本工作中选用甲醇、三甲基胺和香草酸作为嗅觉刺激剂，观察由低浓度溶液所产生的蒸气对棉鈴虫的作用，結果如表 2 所示。

表中列出的分布比例，系 36 次重复观察中以聚集在沾蒸餾水的滤紙上的幼虫总数除聚集在沾試驗溶液的滤紙上的幼虫总数所得的商，当商数为 1 时，聚集在这两种滤紙上的幼虫总数相等，这表明試驗物质的蒸气对幼虫旣无誘致作用，也无驅斥作用。商数大于 1 或小于 1 分别表明試驗物质的刺激有誘致或驅斥的效应，但其差异是否显著尚須視偶差数的大小決定，当偶差超过 32:1 时差异显著(王綬，1958)。0.03*M* 甲醇的嗅觉刺激常使

表 2　棉鈴虫对几种嗅覚刺激的趋性反应

幼虫发育期 \ 幼虫反应 \ 嗅覚刺激	甲醇 (由0.03*M*水溶液产生)		三甲基胺 (由0.02*M*水溶液产生)		香草酸 (由 0.006*M* 水溶液产生)	
	分布比例	趋性	分布比例	趋性	分布比例	趋性
初孵化幼虫	0.86*	不显著 (2.0:1)†	1.15	不显著 (8.5:1)	2.17	显著 (32.0:1)
二齡幼虫	0.85	不显著 (2.8:1)	1.32	不显著 (2.8:1)	0.73	不显著 (2.8:1)
三齡幼虫	0.64	接近显著 (26.8:1)	1.42	不显著 (10.9:1)	0.74	不显著 (6.3:1)

* 为 36 次重复观察的总結果。　　† 偶差。

幼虫的分布比例小于 1，而 0.02 *M* 三甲基胺的嗅覚刺激常使幼虫的分布比例大于 1。但各次試驗中幼虫分布的变化大，差异不显著。0.006*M* 香草酸对一齡幼虫的嗅覚刺激对一齡幼虫有显著的誘致作用，但在二齡和三齡的幼虫中分布比例均小于 1，并且分布的变化大，差异不显著。造成这种現象的原因不明。不过从这一試驗的結果已可看出棉鈴虫对棉株中不同成分所产生的嗅覚刺激有不同的趋性反应。在自然情况下，棉鈴虫对棉株不同器官的取向和定位，可能是由这种有誘致和驅斥效应的刺激綜合作用的結果。

棉株中能对棉鈴虫产生味覚刺激的物質有糖类、糖苷、盐类、酸类等等。近来的研究表明昆虫对糖类和对盐类、酸类等的感覚作用，是通过不同的感受器来完成的 (Beck 等，1958 和 Dethier, 1955)。紙上层析的結果表明本試驗所用的棉花各器官如叶、蕾和鈴等所含的可溶性糖类以蔗糖、果糖和葡萄糖的含量較高，在鈴壳中尙有木糖存在。在游离氨基酸方面，以丙氨酸、谷氨酸、天門冬氨酸、天門冬酰胺、纈氨酸和亮氨酸等含量較多，在花和蕾中尙含有脯氨酸。因此，选择上述的四种糖类及丙氨酸、谷氨酸、天門冬氨酸、天門冬酰胺、脯氨酸，和維生素 C 作为味覚刺激剂，观察它們单独存在于基質中时对幼虫取食所起的影响。維生素 C 是常存在于綠色植物中的。表 3 列出測定的結果，由此可見当浓度同为 0.02*M* 时蔗糖和果糖对棉鈴虫的取食有显著的助长作用，葡萄糖的效应稍差，木糖无作

表 3　几种味覚物質对棉鈴虫(第四齡)取食的影响

味覚物質	浓度	試驗重复次数	24小时內排出粪粒数量 (平均值±标准差)	对幼虫取食的影响
蔗糖	0.02*M*	27	32.07±3.27	助长作用很显著
果糖	0.02*M*	23	27.83±2.41	同上
D-葡萄糖	0.02*M*	23	19.22±2.33	助长作用接近显著
D-木糖	0.02*M*	27	14.78±1.06	助长或抑制作用均不显著
DL-丙氨酸	0.004*M*	25	17.56±1.12	助长作用接近显著
L-谷氨酸	0.005*M*	23	15.52±1.45	助长或抑制作用均不显著
DL-脯氨酸	0.004*M*	23	13.39±1.20	同上
DL-天門冬氨酸	0.004*M*	25	14.56±1.01	同上
L-天門冬酰胺	0.004*M*	25	15.20±0.88	同上
維生素C	0.01*M*	27	10.26±1.14	抑制作用显著
橡皮苷	0.01%	26	15.46±1.34	助长或抑制作用均不显著
对照	—	33	14.39±1.28	——

用。氨基酸在低浓度时只有丙氨酸对幼虫的取食有一定的助长效应，其它几种氨基酸的作用不显著。0.01M維生素C对幼虫的取食有抑制作用。

此外还用含有0.01%橡皮苷(quercitrin)的基质进行試驗，此糖苷虽不存在于棉株中，但它水解时产生槲精（quercetin)，这种黄酮在植物界分布很广，棉花叶和花含有槲苷(quercimeritrin)和异槲苷(isoquercimeritrin)，这些物质便有槲精的組分。但此物質在試驗浓度对棉鈴虫的取食沒有显著的作用。

根据这試驗的結果，可以推断食料植物中的不同成分，对棉鈴虫的取食可各产生不同的影响：有的有助长作用，有的有抑制作用，有的既无助长作用，也无抑制作用。我們在这里必須注意各成分的浓度可能是一个重要的因素，这一点尚待进一步的研究。从試驗的結果可見棉鈴虫虽是多食性的种类，但仍具有发达的味覚辨識能力。

(2) 对于不同植物的辨識

在培养皿中沿皿边排列由5种不同叶片所做成的停歇站，在較短期間观察皿中幼虫分布，結果列成表4。这是18次重复观察的結果。每种叶片在各次观察中所聚集幼虫的

表4 棉鈴虫(三齡幼虫)对于不同植物叶片的趋性反应

試驗組別	植物种类*	每叶片在每次观察中幼虫数目†(平均值±标准差)	幼虫趋性反应的差异
第1組	# 01	2.5±0.27	幼虫对#07的趋性与对其他植物的差异显著，表明#08的誘致效应很弱，或微有驅斥作用。其他植物都有誘致效应，但差异不显著
	# 03	1.8±0.14	
	# 04	1.7±0.38	
	# 07	0.2±0.12	
	# 13	2.2±0.26	
第2組	# 01	0.9±0.30	#02对幼虫有較強的誘致效应，和#01、#04的差异显著。其他植物的誘致效应介乎此二类之間
	# 03	1.7±0.40	
	# 04	1.0±0.17	
	# 02	2.5±0.41	
	# 12	1.7±0.21	
第3組	# 01	1.6±0.34	幼虫对#03和#04的趋性差异显著，前者有較大的誘致作用。其余植物的誘致效应介乎此二者之間
	# 03	2.3±0.19	
	# 04	1.0±0.27	
	# 05	1.5±0.26	
	# 06	2.0±0.37	
第4組	# 01	2.0±0.18	#10的誘致效应較弱，与其他植物的差异显著。其他植物誘致效应的差异不显著
	# 03	1.8±0.38	
	# 04	1.2±0.36	
	# 11	1.2±0.24	
	# 10	0.6±0.14	
第5組	# 01	1.7±0.35	#04和#09的誘致效应的差异显著，前者的效应較弱。其他植物介乎此二者之間
	# 03	1.2±0.20	
	# 04	0.8±0.17	
	# 08	1.6±0.45	
	# 09	2.0±0.14	

* 見表1。 † 18次观察的結果。

平均数目可作为幼虫对該种叶片趋性反应的一个指标。这个指标在极大程度上反映了叶片嗅觉刺激对幼虫所发生的效应，因为(1)培养皿的底上鋪着潮潤的滤紙，这样便降低了叶片在附近所造成的水蒸气陡度，減弱了叶中水分所产生的誘致效应；(2)由于每次检查是經1小时后进行的，幼虫在叶片上虽可已开始取食，但由味觉所引起的分布差异可能还沒有到达平衡状态(Beck 等，1958)。

观察的結果表明三龄幼虫对陆地棉和海島棉跃进号的趋性較強，而对海島棉 *4923* 号的趋性較弱。这两种海島棉叶片的外表极相似，棉鈴虫对它們的趋性差异不是由触觉刺激的不同而引起的。使人感兴趣的是杂交植物在这方面的特点：陆地棉和草芙蓉杂交所产生的后代(#05—#09)一般对棉鈴虫均具有誘致效应，但強弱不同，并且有的植物(如#07)的誘致效应特别弱。#07 和 #08 同为杂交后代的第三代；它們对棉鈴虫誘致效应的不同，反映了它們在化学成分上的差异。棉花和木芙蓉杂交所得的后代(#10)对棉鈴虫的誘致效应也較弱。这可能表明在 *Hibiscus* 这一属的植物含有对棉鈴虫发生不良嗅觉刺激的物質，这种物質有时存在于与棉花杂交所产生的后代中。另一方面，棉花与錦葵或蜀葵杂交所产生的后代对棉鈴虫即常具有較好的誘致效应。文献中曾記載 *Gossypium thunberi* 与其它棉花种类杂交的后代对在开花期侵入的早期棉鈴虫有某种抗性，但不知这种抗性是由植物何种性質所造成。

上面已指出不同品种的海島棉对棉鈴虫能显示不同的誘致效应：跃进号的誘致效应

表 5　由不同棉叶飼养的棉鈴虫对不同棉叶的趋性反应

飼养幼虫的棉花种类	幼虫齡期	試驗的棉花种类	每次观察中在各种叶片上的虫数*(平均值±标准差)	幼虫趋性反应的差异
陆地棉	二龄	海島棉 *4923* 号 海島棉跃进号 陆地棉	1.33±0.21 3.69±0.47 1.89±0.29	幼虫对跃进号趋性最強，与其余二种棉花差异显著。陆地棉与*4923*号差异不显著
	三龄	海島棉 *4923* 号 海島棉跃进号 陆地棉	1.22±0.31 3.22±0.32 1.83±0.45	对二种海島棉的趋性差异显著，跃进号有較強的誘致效应，陆地棉介乎两者之間
海島棉 *4923* 号	二龄	海島棉 *4923* 号 海島棉跃进号 陆地棉	2.11±0.25 3.53±0.27 2.86±0.24	同　上
	三龄	海島棉 *4923* 号 海島棉跃进号 陆地棉	1.27±0.33 3.43±0.20 3.40±0.22	对 *4923* 号趋性較弱，与其余二种棉花差异显著。其二者之間差异不显著
海島棉跃进号	二龄	海島棉 *4923* 号 海島棉跃进号 陆地棉	1.90±0.22 2.90±0.25 3.00±0.28	同　上
	三龄	海島棉 *4923* 号 海島棉跃进号 陆地棉	2.57±0.22 3.17±0.56 2.83±0.41	三者差异不显著

* 对二龄幼虫为 36 次观察結果，对三龄幼虫为 18 次观察結果。

較強，海島棉品种之間的差异可超过海島棉和陆地棉的种間差异。在其它植食性昆虫种中，幼虫对原来的食料植物常可发生条件化现象(de Wilde, J. 1960)，但这种現象是由于嗅觉刺激方面的抑是味觉或其它刺激方面却很少見有报导。本工作中曾分别用陆地棉和二种海島棉的嫩叶飼养棉鈴虫到二龄和三龄，然后根据上述方法測定它們对这三种棉叶的趋性差异，結果列成表 5。

測定的結果表明无論由何种棉叶飼养而成的棉鈴虫对海島棉 *4923* 号的趋性較弱，和其它两种棉花比較时差异一般是显著的；而对海島棉跃进号卽有較強的趋性。这結果說明棉鈴虫对原来取食的几种棉花在趋性方面并无条件化的特点。

棉鈴虫对植物的趋性受到嗅觉刺激的影响；对于植物的取食反应，則味觉的作用十分重要。昆虫对食物的味觉反应常可从其取食量来判断；而在一定时間內所排出粪便的多少，又可作为取食量的指标，特别植食性昆虫是如此。本工作中以原用不同棉叶飼养到三龄的幼虫单独放入培养皿中，分别供給不同棉叶，观察在 24 小时各虫所排出粪粒的数量，表 6 列出此試驗的結果。

表 6 由不同棉叶飼养的三龄棉鈴虫对不同棉叶的取食反应

飼养幼虫的棉花种类	試驗的棉花种类	試驗重复次数	24小时排出粪粒数量(平均值±标准差)	取食反应的差异
陆地棉	陆地棉	16	66.19±4.16	取食陆地棉与海島棉*4923*号时差异显著，此二者与海島棉跃进号比較时差异均不显著
	海島棉跃进号	13	60.39±4.54	
	海島棉*4923*号	15	50.53±3.76	
海島棉*4923*号	陆地棉	12	44.75±3.47	对此三种棉花取食反应的差异均不显著
	海島棉跃进号	12	44.25±4.47	
	海島棉*4923*号	12	37.58±4.35	

从表中可見到原用陆地棉飼养的幼虫对海島棉 *4923* 号的取食反应和对陆地棉及海島棉跃进号的取食反应的差异显著，但陆地棉和跃进号的差异不显著。原用海島棉 *4923* 号飼养的棉鈴虫当供給跃进号或陆地棉的叶片时虽食量稍大，但和 *4923* 号相比时差异不显著。这表明如此养成的棉鈴虫在取食反应上对 *4923* 号产生了一定的条件化現象。

2. 幼虫的营养

(1) 由棉株的成分来推断棉鈴虫的营养特点

对用来飼养棉鈴虫的陆地棉各器官的化学分析所获結果，列成表 7—9。从表 7 中可看到叶在生长成熟时含水量逐漸降低；总氮和蛋白质含量无論按鮮重或干重計算也都在降低。在繁殖器官中，幼蕾发育到花开放的过程中总氮和蛋白质的含量也有所变动：干物质的总氮含量一般都有下降的趋势；幼蕾的非蛋白氮含量卽比花中的高得多。棉鈴在生长时其总氮和蛋白质的含量也显然在降低；从表 8 可見到鈴的不同部分含氮量不同：鈴髓所含总氮和蛋白质在百分率上特别低，而棉鈴虫在棉鈴中是以髓为食的。就叶、蕾和鈴加以比較时可看出叶的总氮和蛋白质含量以鮮重計算时比蕾和鈴都高。此外，繁殖器官的含水量一般是随着生长成熟而增加，这和叶不同。

表 9 列出各器官的含糖量。由此可看到嫩叶中不論可溶性糖或还原糖，其含量均比

表 7　棉株不同器官的含氮量和蛋白質含量

棉株器官	发育期	含水量 (%)	干重 (%)	总氮量 %		非蛋白氮%		蛋白氮 %		蛋白质 %	
				占干重	占鲜重	占干重	占鲜重	占干重	占鲜重	占干重	占鲜重
叶	幼叶	79.84	20.16	5.89	1.19	0.48	0.10	5.41	1.09	33.81	6.82
	嫩叶	79.03	20.97	4.64	0.97	0.47	0.10	4.17	0.87	26.06	5.46
	老叶	76.63	23.37	4.04	0.94	0.61	0.14	3.43	0.80	21.44	5.01
花	幼蕾	81.72	18.28	4.16	0.76	3.13	0.57	1.03	0.19	6.44	1.18
	大蕾	85.73	14.27	3.78	0.54	1.05	0.15	2.73	0.39	17.06	2.43
	花	83.17	16.83	3.50	0.59	0.79	0.13	2.71	0.46	16.94	2.85
鈴	幼鈴	86.92	13.08	4.32	0.57	1.11	0.15	3.21	0.42	20.06	2.62
	大鈴	88.10	11.90	2.56	0.31	0.81	0.10	1.75	0.21	10.94	1.30

分析样本均于 1960 年 7 月份采集。嫩叶与花样本于 1961 年 7 月采集。

表 8　大棉鈴不同部分的含氮量和蛋白質含量（占干重%）

分析部分	总氮量	非蛋白氮	蛋白氮	蛋白质
整鈴	1.38	0.73	0.65	4.06
鈴壳	1.55	1.05	0.50	3.13
內髓	0.67	0.55	0.12	0.75

表 9　棉株不同部分糖分含量

棉株部分	可溶性糖				还原糖			
	7 月份采集		9 月份采集		7 月份采集		9 月份采集	
	占干重%	占鲜重%	占干重%	占鲜重%	占干重%	占鲜重%	占干重%	占鲜重%
幼叶	0.89	0.18	0.65	0.13	0.78	0.16	0.60	0.12
嫩叶	1.48	0.31	1.12	0.24	—	—	1.06	0.24
大叶	0.60	0.14	0.69	0.16	0.42	0.10	0.61	0.14
幼蕾	0.79	0.14	0.83	0.15	0.65	0.12	0.78	0.14
幼鈴	2.58	0.34	5.92*	0.77	2.47	0.32	2.89	0.38
大鈴	4.97	0.59	4.56	0.54	2.87	0.34	3.05	0.36

* 数值可能有錯誤。

幼叶或大叶的高；但鈴的含糖量超过叶的很多。蕾中的糖分一般較少。

棉鈴虫在幼龄时取食棉花的幼叶和嫩叶，經一二次蛻皮后轉移到蕾或鈴中取食。很明显地，在前种情况下幼虫食物中的含氮量較高，含水量較低；轉移到棉鈴中以后食物的含糖量和含水量都大为增高。幼虫也嗜食蕾和花，这种食物的含水量較高。

（2）幼虫取食棉花不同器官时食量、生长发育和死亡率的差异

棉鈴虫当以棉花不同的器官为食时幼虫期的总食量有显著的不同。表 10 列出分組飼养的結果，由此可見到幼虫当以大叶为食时其总食量超过以嫩叶为食时的一倍以上。这現象的产生，是由于当以大叶为食时幼虫的发育期延长，因而累积的食量較大。以大蕾为

食时其总食量比以幼蕾为食时大,原因与上述的类似。但当以棉鈴为食时幼虫期縮短(見表 11),而总食量特大,可为以嫩叶飼养时的数倍,并大大超过以大叶和蕾为食时的总食量。所采用的測定食量的方法可引起一定的誤差,縱使如此,这种食量上的差异仍极明显。引起这种差异的原因是我們应加以探索的。化学分析的結果表明鈴和叶的差别在于前者含水量較高,糖类的含量无論以干重或鮮重計算时均高得多。这两种特点都可能对幼虫的取食有強烈的助长作用。从表中还可看出除以大叶飼养的一組外,其余各組食量的 50% 以上是由末龄幼虫所消耗的。

表 10 棉鈴虫以棉花不同器官为食时的总食量(鮮重)

取食部分	叶片		花蕾		棉鈴	
	嫩叶	大叶	幼蕾	大蕾	幼鈴	大鈴
虫数	16	4	12	4	12	11
总食量(克)(平均值±标准差)	2.92±0.10	6.87±1.32	4.08±0.14	7.29±1.39	11.69±1.08	11.85±1.25
末龄幼虫食量占%	67.5	23.3	68.6	78.3	58.8	75.6

不同的食料对棉鈴虫幼虫期长短和死亡率,以及蛹重和羽化率都有明显的影响。表 11 列出分組飼养的結果,由此可見以鈴为食的幼虫发育比以叶为食的快,这种差异是显著的。以大叶为食的幼虫发育最慢,死亡率最高,与以嫩叶为食的比較时差异也是显著的。以大鈴和以幼鈴为食时幼虫期的长短也有显著差异,大鈴的营养效应一般比幼鈴的好。当以蕾为食时幼虫期也較短,但死亡率較高。蛹重和羽化率也可作为幼虫期营养条件的一个指标。从表 11 可見到当幼虫以鈴为食时其蛹重与以叶为食时的差异显著。但以幼鈴和以大鈴为食时蛹重差异不显著。以蕾或大叶为食时蛹重都較輕,同时羽化率較低。

表 11 棉鈴虫当以棉株不同部分飼养时幼虫期长短和蛹重的比較

食料	幼虫		蛹	
	幼虫期天数	死亡率(%)	重量(毫克)	羽化率(%)
嫩叶	16.7±0.15*	68.0	♀277.1±7.3* ♂267.4±19.4	100.0
大叶	22.0±0.71	96.0	♀180.0† ♂274.8	50.0
幼蕾	12.0±0.47	80.0	♀232.6 ♂238.6±5.9	58.3
大蕾	19.0±1.12	93.3	♀234.7 ♂ —	75.0
幼鈴	14.0±0.42	68.3	♀336.5±24.2 ♂324.8±16.0	73.7
大鈴	11.7±0.30	78.0	♀323.4±17.1 ♂307.0	90.9

* 标准差。 † 数目过少,4 个以下,故不計算标准差。

此外，在此飼养試驗中还見到幼虫当以叶或蕾为食时以第一龄和末龄的死亡率最高，并且二者大致相等；但以鈴为食时第一龄的死亡率較高，末龄的死亡率較小。綜观以上的試驗結果，可知对于棉鈴虫的营养效应，以棉鈴最好，嫩叶次之，蕾又次之，大叶最差。

四、討　　論

棉鈴虫幼虫的食料植物主要决定于雌蛾产卵的时候，幼虫孵化后先在产卵处附近取食，以后常在植株上作較大距离的轉移。这时对取食場所的选定，无疑要依靠感觉辨識的作用，其中嗅觉和味觉尤为重要。此二者对幼虫取食时食量的大小也能产生显著的影响，从而又引起不同的营养效应。本工作中一系列試驗的結果表明棉鈴虫虽是多食性的种类，幼虫对于食物仍有明显的选择性，对于不同物質所产生的感觉刺激具有敏銳的辨識能力。另一方面，食料植物各种不同的成分对幼虫也各有不同的刺激效应：有的能影响它的趋性，有的能影响它的取食反应，但也有此二方面作用均不显著的。此外，不同成分在引起各种反应时浓度的大小也是一个重要的因素。由此可見，植物成分对昆虫趋性和取食所显示的复杂关系，非但存在于单食性和寡食性的种类中，就是在多食性的种类中也极明显；它們的食性同样是这些化学的以及某些物理因素綜合作用的結果，所不同的可能是多食性昆虫具有較強的感觉适应力，在取食时能經受得起較大幅度的感觉刺激差异而依然食取足够份量的食物。

植食性昆虫对原来取食的植物可形成条件化，例如馬鈴薯甲虫（*Leptinotarsa decemlineata* Say）原来嗜食馬鈴薯（*Solanum tuberosum*）；当以 *S. dulcamara* 飼养后，成虫在有此二种植物共同存在时有較強的趋向选择 *S. dulcamura* 为食。这种条件化現象对食性的形成无疑是很重要的。本工作中見到棉鈴虫一般虽对海島棉 *4923* 号趋性較弱，取食量較少，但在飼养的条件下一部分幼虫能借此种棉花生长成熟，并且蛹重正常。进一步的試驗表明棉鈴虫对这种原来趋性較弱的棉花經过一定时間的取食后可以形成条件化。这种特点在选育农作物抗虫性品种时是值得注意的。

棉鈴虫为何嗜食植物繁殖器官的原因目前尚未明确。本工作的試驗結果所提供的綫索是繁殖器官的水分較多，含糖量較高。脯氨酸和木糖等成分虽在蕾、鈴壳等部分的含量較高，但它們对幼虫的取食都无助长作用。因此，要解决此問題有必要再深入一步研究，查明棉鈴虫对棉株所含不同成分在嗅觉和味觉方面的反应特点，以及这些成分在不同器官的分布和浓度。此外，我們注意到棉鈴虫的上顎較长，并具有銳齿（表 12），口器适合于蛀食，如在叶片上取食时其咬食的地位和方式和很多眞正以叶片为食的种类如粘虫等有

表 12　棉鈴虫和粘虫头寬和上顎长度的比較

种　类	棉鈴虫	粘　虫	棉鈴虫	粘　虫	棉鈴虫	粘　虫
龄　期	四　龄		五　龄		六　龄	
头寬(毫米)	1.64	1.58	2.24	2.30	2.68	2.95
上顎长(毫米)	0.51	0.44	0.82	0.75	0.99	0.99

显著的不同。以疏松的合成飼料飼养棉鈴虫时見到棉鈴虫常鉆到飼料顆粒之中以满足体表触觉感受器的刺激要求。这些，可能都和幼虫对棉花不同器官选食习性有关。

棉鈴虫的幼虫以棉花为食时其营养需要似乎可由一种器官来满足，但不同器官的营养效应不同，而且在不同生长阶段的器官其营养效应也有很大差别，有时可以超过不同的器官。嫩叶中的含氮物質較多，而棉鈴中的糖类較多。糖类和某些氨基酸非但本身就是营养物質，同时也是味觉刺激剂，对于幼虫的取食具有助长的作用。但棉鈴有最好的营养效应。根据棉鈴的化学成分和幼虫取食的特点，可以使人有这样的印象：植物水分多，含糖量較高的器官能对棉鈴虫有較好的营养效应，而这种效应是通过上述二种物質所造成适宜的感觉刺激和增加取食量来获得的。由此可見在解释昆虫的食性时植物的营养效应和对昆虫的感觉刺激特性是有密切的联系的。

参 考 文 献

王綬：1958．实用生物統計学（修訂本）．商务印书館出版．

印度尔棉花遺传研究計划 1943—1944 年間的进展报告．植物育种摘要 **15**: 106—107.

許明霞等：1958．棉鈴虫研究．应用昆虫学报，**1**: 18—30.

欽俊德等：1957．东亚飞蝗的食性和食物利用以及不同食料植物对其生长和生殖的影响．昆虫学报，**7** (2): 143—166.

Beck, S. D. and Hanec. W.: 1958. Effect of amino acids on feeding behavior of the European corn borer, *Pyrausta nubilalis*. *J. Ins. Physiol.*, **2**:85—96.

Block, R. L., Durrum, E. L. and Zweig, G.: 1958. A manual of paper chromatography and paper electrophoresis. Academic Press, N. Y.

Dethier, V. G.: 1955. The physiology and histology of the contact chemoreceptors of the blowfly. *Quart. Rev. Biol.* **30**: 349—371.

Лозина-Лозинскии, Л. К.: 1954. Роль питания в развитие и размножении хлопковои совки (*Chloridea obsoleta* Fabr.). *Труды всесоюзного энтол. общ.* **44**: 1—61.

Paech, K. and M. V. Tracey: 1955. Modern methods of plant analysis. Vol. 1.

Power, F. B. and Chesnut, V. K.: 1925. The odorous constituents of the cotton plant. Emanation of NH_3 and trimethylamine from the living plant. *J. Amer. Chem. Soc.* **47**:1751—1774.

Somogyi, M.: 1945. A new reagent for the determination of sugars. *J. Biol. Chem.* **160**: 61—68.

Van der Plank, J. E.: 1936. The estimation of sugars in the leaf of the mongold (*Beta vulgaris*). *Biochem. Juorn.* **30**: 457—483.

Viehaever, A., et al.: 1918. Chemistry of the cotton plant, with special reference to the upland cotton. *J. Agric. Res.* **13**:345—352.

de Wilde, J., et al.: 1960. A comparative study of feeding and oviposition preference in the Colorado beetle (*Leptinotarsadecemlineata* Say). Medemel. landbouwHSch. en Opzst. Staat te Gent, **25**(3—4):1340—6.

SOME CHARACTERISTICS IN THE FOOD PREFERENCE AND NUTRITION OF THE COTTON BOLLWORM

CHIN CHUN-TEH, LI LI-YIN, WEI DING-YE AND WANG TSÊNG-TUNG
(*Institute of Zoology, Academia Sinica*)

In order to test the tactic response of the cotton bollworm, *Heliothis ammigera* (Hübner), to the odors of its preferred host plant, certain volatile substances known to be present in the cotton plant such as methanol, trimethylamine and vanillic acid were chosen as olfactory stimulants. It was found that the larvae in the early three instars were attracted by the vapors of vanillic acid and trimethylamine in various degrees, but methanol vapor had a repellent effect. These vapors were emitted from aqueous solutions at the concentrations of 0.006 *M*, 0.02 *M* and 0.03 *M* respectively. By using the sugars, free amino acids and vitamins which were shown to be present in the cotton plant as gustatory stimulants and incorporating them separately in the agar-based media, it was found that at the concentration of 0.02 *M* sucrose and fructose had a definite phago-stimulating effect, glucose was less effective, and xylose was indifferent. At low concentrations, only DL-alanine among the five amino acids tested had some phago-stimulating effect, and ascorbic acid at 0.01 *M* was phago-inhibitive. These results show that the cotton bollworm as a polyphagous species responds differently to the individual components of the host plant which may act either as attractants or repellents, phago-stimulants or phago-inhibitors.

Different species and varieties of cotton plants and some descendants from the hybridization between cotton and some other malvaceous plants such as *Hibiscus palustris, H. mutabilis, Malva sylvestris* and *Althaea rosea* were used to test the tactic and feeding responses of the cotton bollworm. It was found that when the larvae had the chance to choose their food, they were more readily attracted to the leaves of *Gossypium hirsutum* and certain variety of *G. barbadense,* but not so readily to some of the hybrid descendants, some of which may even show repulsive properties in the test. In this respect different varieties of *H. barbadense* also had different effects. When there was no chance to choose their food, the larvae were observed to consume different quantities of foliage from different plants in a definite period of time and to become conditioned to the host plants with which they were brought up.

Simultaneous chemical analysis showed that the water content as well as the total and protein nitrogen contents of the cotton leaves gradually decreased as growth proceeded. The total nitrogen content also dropped when the squares developed into flowers, and the protein content was found to reach the maximum when the squares had attained a length about 2.5 cm. The total and protein nitrogen contents of the bolls dropped as the latter grew and aged. The total and protein nitrogen contents of the leaves seemed to be the highest as compared with those of the squares and bolls. The quantities of soluble and reducing sugars of the young leaves exceeded those of the tender and old leaves, but the sugar contents of the bolls were found to be much higher than those of the leaves. The sugar contents of the squares were relatively low. In spite of these

disparities, it was possible to grow the larvae after hatching into maturity separately and solely on the leaves, squares and bolls of the cotton plants. In these rearing experiments, the cumulative quantities of food consumed, the rates of development and mortality, and the weights of pupae thus obtained were found to be conspicuously different. It is interesting to note that the larvae during the whole course of development would consume the old leaves to an amount which may double the total quantity of the food consumed when the young leaves were offered. When the bolls were used as food the cumulative quantity consumed exceeded several times that when the leaves were used. This difference is presumably attributed to the differences in the water and sugar contents of the different organs of the cotton plant, as already shown that sugars usually would evoke a strong phago-stimulating effect. The general impression is that the plant organs which have the higher sugar and water contents usually have a better nutritive effect for the cotton bollworm, and this effect perhaps is brought about by the phago-stimulating effect of the sugars contained therein.